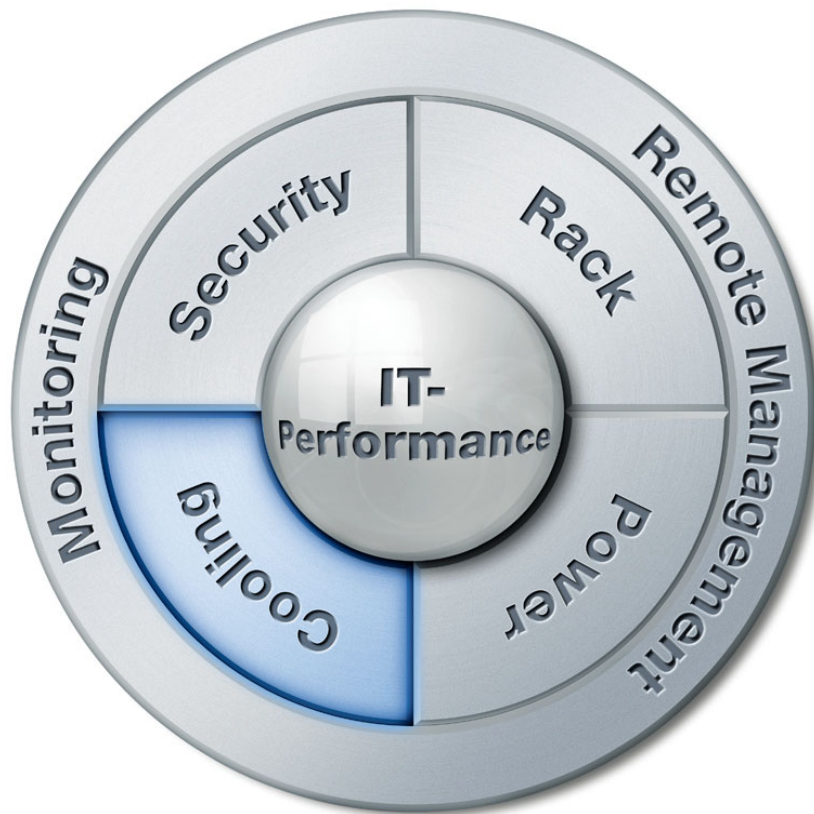


# Flüssiggekühlte Baureihen

von Herb Villa

White Paper 04



Copyright © 2006  
All rights reserved.

Rittal GmbH & Co. KG  
Auf dem Stützelberg  
D-35745 Herborn

Phone +49(0)2772 / 505-0  
Fax +49(0)2772/505-2319  
[www.rittal.de](http://www.rittal.de)  
[www.rimatrix5.com](http://www.rimatrix5.com)

**RIMATRIX5**<sup>®</sup>  
DRIVING IT-PERFORMANCE



## Inhalt

1	Kurzfassung .....	3
2	Alternative Lösungen für Rechenzentren der nächsten Generation .....	4
3	Ein kurzer geschichtlicher Überblick .....	4
4	Flüssiggekühlte Lösungen .....	6
5	LCP-Entwurf und -Umsetzung .....	7
6	Die Zukunft beginnt jetzt .....	9
7	Zum Abschluß .....	10
8	Autoreninformation .....	10

## 1 Kurzfassung

Aufgrund der ständig zunehmenden Wärmedichten suchen Betreiber von Rechenzentren nach neuen Lösungen, um diese extrem hohen Wärmebelastungen zu bewältigen und ihre Einrichtungen und Anlagen zu schützen. Diese Unterlage bietet einen kurzen Überblick über die Entwicklungsgeschichte der Kühlsysteme für Rechenzentren und erläutert die Planung und die verschiedenen Schritte, die zur Implementierung einer Flüssigkühlung in gehäuseabhängigen Schrank-Wärmetauschersystemen nötig sind.

### **Rittal RimatriX5 – Das sichere Rechenzentrum der Zukunft**

Ob kleines, mittleres oder großes Unternehmen – die Anforderungen an die IT-Performance steigen permanent. Hochkomplexe Anwendungen, schnellere Prozessoren, Information und Kommunikation rund um die Uhr verlangen mehr als eine intakte physikalische Infrastruktur. Mit RimatriX5 – Driving IT-Performance – bietet Rittal jetzt eine integrierte Gesamtlösung für hochmoderne Rechenzentren mit umfassendem Service und fünf perfekt aufeinander abgestimmten IT-Bausteinen: Rack, Power, Cooling, Security sowie Monitoring/ Remote Management. Damit erhalten Unternehmen eine Komplettlösung für eine sichere, verfügbare und kostensparende IT-Infrastruktur.

Weitere Infos unter: [www.rimatrix5.de](http://www.rimatrix5.de)

## 2 Alternative Lösungen für Rechenzentren der nächsten Generation

Die Entwicklung von zuverlässigen Lösungen zur Ableitung von übermäßigen Wärmebelastungen aus den Gehäusen der Rechenzentren wird schnell zum kritischsten Problem der Endbenutzer. Betreiber von Rechenzentren untersuchen die wirkungsvollsten Lösungen zur Ableitung von Wärme aus den Einrichtungen und Anlagen, wobei viele von ihnen schließlich wieder auf Flüssigkühlsysteme zurückgreifen. Die Suche nach einem entsprechenden System kann sich aber als recht schwierig herausstellen, denn auch im Internet gibt es unzählige Einträge zu diesem Thema.

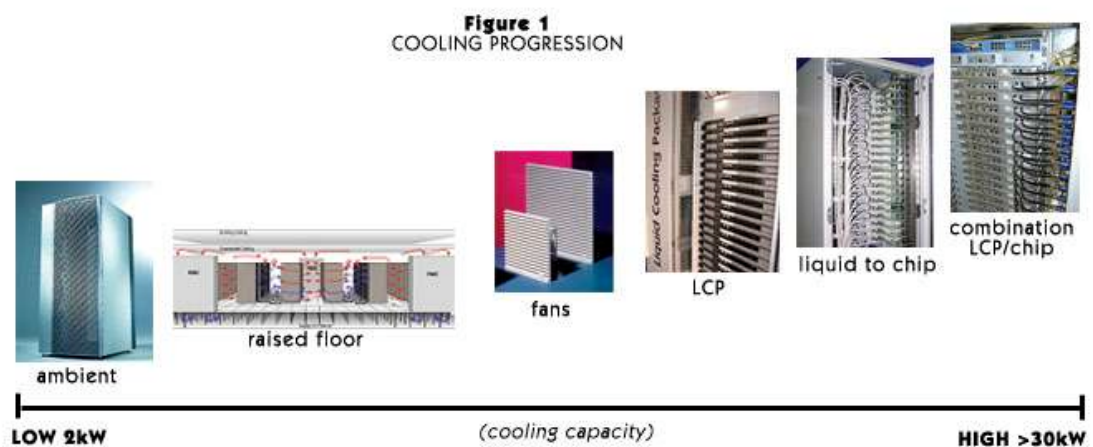


Abbildung 1

## 3 Ein kurzer geschichtlicher Überblick

Als Mittel zum Zweck war Wasser immer schon vorhanden. Eine Reihe verschiedener wassergekühlter Systeme waren in Rechenzentren schon immer in Gebrauch und sind es auch heute noch. Rohre mit gekühltem Wasser laufen oft durch die Freiräume in Rechenzentren, ebenso wie das Wasser für die Sprinklersysteme und die Klimaanlage. Rechenzentren sind auch in unmittelbarer Nähe von anderen wasserverwendenden Einrichtungen wie Cafeterien und Labors untergebracht worden.

In den 60er und 70er Jahren wurden die ersten Rechenzentren zur Unterbringung von Großrechnersystemen entworfen. Gekühltes Wasser, das durch die Hardware der Großrechner geleitet wurde, war damals die einzige wirksame Möglichkeit, die enorme Wärmeentwicklung dieser Systeme einzudämmen. Aufgrund seiner im Verhältnis zu Luft sehr viel besseren wärmeabsorbierenden Eigenschaften konnte Wasser 1000 mal mehr Wärme abführen. Die nachfolgenden Supercomputersysteme wurden ebenfalls flüssiggekühlt.

Dann kam die explosionsartige Entwicklung der Einschubserver. Aufgrund ihrer vornehmlich luftgekühlten Systeme, wobei die Umluft aus den Räumen zur

Ableitung der Wärme schlicht und einfach durch die Gehäuse geblasen wurde, steigerten diese Server die Leistungen und Kapazitäten der Netzwerke. Die in Gehäusen mit gelochten Front- und Rücktüren installierten Einschub-Server wiesen pro Schrank relativ niedrige Wärmelasten (2-4 kW) auf, die von vorhandenen Klimaanlage problemlos bewältigt werden konnten. Die auf einander folgenden Generationen von Servern wurden in immer kleineren individuellen Gehäusen untergebracht, wobei gleichzeitig die Leistung der Prozessoren drastisch zunahm. Die Benutzer konnten mehr Geräte in den Anlagen installieren, was oft die Wärmebelastung verdoppelte.

Mit der Einführung der 1U Multiprozessorgeräte (zwei bis vier Prozessoren) und den Blade-Serversystemen nehmen die Wärmebelastungen pro Schrank weiterhin zu. In den letzten sieben Jahren haben sich die Wärmebelastungen nahezu vervierfacht, wobei sie dem exponentiellen Wachstum der eingesetzten Server folgen. Die Betreiber der Anlagen müssen Kühlsysteme für Belastungen von 15-20 kW bereitstellen, wobei derzeit sogar Konfigurationen mit 30 kW im Gespräch sind. Während frühere Anlagen für Belastungen von 500 bis 1000 Watt pro Quadratmeter ausgelegt waren, müssen die heutigen Systeme bis zu 2000 Watt/Quadratmeter und mehr bewältigen können. die Berechnung von Wärmelasten in Watt pro Quadratmeter Rechenzentrum wird bei diesen höheren Wärmebelastungen absurd. Eine 15 kW Belastung in einem 24 Zoll breiten und 40 Zoll tiefen Gehäuse (0,62 m<sup>2</sup>) ergibt eine Belastung von 24.240 Watt/Quadratmeter. Der Einbau in einen größeren Schrank (24 Zoll breit und 48 Zoll tief, 0,74 m<sup>2</sup>) beschränkt die Belastung auf "NUR" 9.418 Watt/m<sup>2</sup> (siehe Abbildung 4).

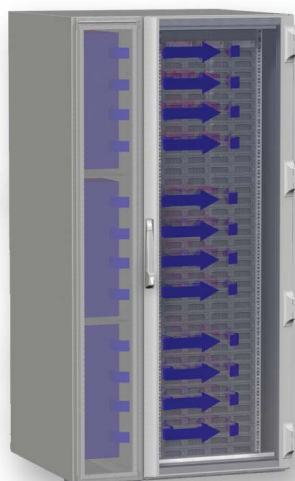
Die üblichen luftgekühlten Lösungen können ganz eindeutig nicht mit solchen extrem hohen Wärmelasten fertig werden. Selbst wenn die Wärme aus den Gehäusen abgeleitet werden könnte, würde ein solches Ausmaß an Wärme auf einer begrenzten Bodenfläche die Kühlkapazitäten einer RZ-Klimaanlage völlig überfordern. Der Bedarf nach flüssiggekühlten Lösungen würde erneut deutlich hervorgehoben.



**Abbildung 2**

## 4 Flüssiggekühlte Lösungen

Flüssiggekühlte Lösungen sind als Bausteinkühlsystem und als Schrankkühlsysteme verfügbar. Am Prozessor wird der übliche luftgekühlte Kühlkörper durch einen chipgroßen Wärmetauscher (ähnlich wie ein Kühler) ersetzt. Die Kühlflüssigkeit, normalerweise eine leitende Lösung, wird durch eine Rohrleitung zum Wärmetauscher gefördert und die erwärmte Flüssigkeit wird dann durch eine andere Rohrleitung abgeführt. Ein senkrechtes Verteilersystem ermöglicht den Anschluss verschiedener Leitungen zu allen Servern sowie die Zu- und Ableitungen des Kühlsystems. Diese Prozessor-Kühlsysteme werden normalerweise direkt vom Hersteller des Servers angebracht. Die Systeme sind nicht für Nachrüstungen geeignet und erfordern eine erhebliche Vorausplanung vor der Installation des ersten Servers.



**Abbildung 3**

Statt den einzelnen Servern gekühlte Flüssigkeit direkt zuzuführen, versorgen die gehäuseabhängigen Schrank-Wärmetauschersysteme (Liquid Cooling Package LCP, siehe Abbildung 3) komplette Gehäuse mit gekühlter Luft. Die bauseitige Produktion von gekühltem Wasser für das System schafft die nötigen Kühlkapazitäten mit einem getrennten Warmwasserrücklauf zu den geräteseitigen Kühlanlagen. Das LCP-System wirkt als schrankweiter Wärmetauscher, wobei die gesamte Wärme des Gehäuses vom Wasser abgeleitet wird. Je nach Vorlauftemperatur des gekühlten Wassers und dem jeweiligen Temperaturanstieg in den verschiedenen Servern können 12 bis 20 kW pro Schrank bei einem einzelnen LCP-System und bis zu 35 kW bei zwei LCP-Systemen für einen Schrank durch die Beschickung mit kalter Luft gekühlt werden.

Wenn Ihnen ein solcher Bedarf nicht realistisch erscheint, bedenken Sie bitte folgendes:

Servers/Processors	Heat Load	24" W x 40" D	24" W x 48" D
Six IBM Blade Centers with 84 HS 20 blade servers installed in a single cabinet	51,180 BTU/hr (15 kW)	2,252 W/sq ft	1,875 W/sq ft
HP Proliant DL 145-G2 1U servers, each equipped with two AMD Opteron processors	2,300 BTU/hr (674 W)	NA	NA
With 42U enclosures loaded to 75% capacity (32U)	73,000 BTU/hr (21 kW)	3,153 W/sq ft	2625 W/sq ft

#### Abbildung 4

Selbst mit den derzeitigen Einschub- und Bladeservern können Wärmebelastungen von 15-20 kW leicht erreicht werden. Bei solchen weit über den Kapazitäten eines Standardrechenzentrums liegenden Belastungen werden die LCP-Systeme bald die einzig mögliche Lösung sein.

Zusätzlich zur Ableitung von größeren Wärmemengen aus Gehäusen eignen sich die LCP-Systeme auch für Anlagen, die nahe an, an oder über ihren thermischen Leistungsgrenzen betrieben werden. Wie bereits oben angedeutet, wird die Wärme über das Wasser abgeleitet; es wird keine (oder kaum) Wärme an die Umgebung abgegeben. Betrachten Sie das folgende hypothetische Szenario: In einem Raum, dessen maximale Kühlfähigkeit nahezu erreicht ist sollen mehrere Gehäuse mit geringen Wärmelasten (3-5 kW pro Gehäuse) mit Bladeservern nachgerüstet werden, wobei die Wärmebelastung auf 15-18 kW steigt. Die vorhandenen RZ-Klimaanlagen können diese zusätzliche Wärme nicht verarbeiten. Ein LCP-System wird die zusätzlich benötigte Leistung erbringen und sogar die Wärmebelastung in der restlichen Anlage noch weiter verringern. Selbst für ein oder zwei Gehäuse werden die 6-10 ursprünglichen kW Wärme dieser Gehäuse nun abgeleitet und stellen Kühlkapazitäten für den Raum frei.

## 5 LCP-Entwurf und -Umsetzung

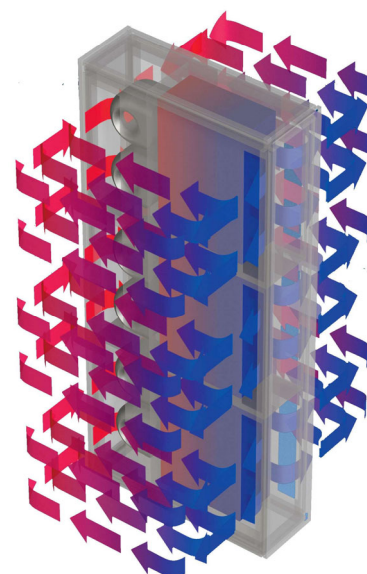
Es ist sehr wichtig, zu prüfen, ob flüssiggekühlte Gehäuse in vorhandenen und zukünftigen Rechenzentren eingesetzt werden können, ohne die vorhandenen Anlagen nennenswert zu belasten. Selbstverständlich müssen solche Systeme absolut dicht sein und über entsprechende Steuer- und Überwachungssysteme verfügen. Sie müssen zuverlässig, erweiterbar und flexibel genug sein, um eine problemlose Neukonfiguration in dynamischen Rechenzentren zu ermöglichen. Nichtleitende, saubere Flüssigkeiten sollten verwendet werden, um Beschädigungen der Einrichtungen zu vermeiden.

LCP-Systeme müssen nicht unbedingt im gesamten Rechenzentrum eingerichtet werden. Endbenutzer versuchen, die Systeme, die eine extrem hohe Wärmebelastung verursachen, in kleineren Bereichen der Rechenzentren zusammenzufassen. Der Bedarf nach Gehäusen für Geräte mit niedriger Wärmeentwicklung, ältere vorhandene Anlagen und Netzwerke und Leitungsendkomponenten wird immer bestehen bleiben. Für diese Anwendungen erfüllt der übliche luftgekühlte Einschubserverschrank mit komplett gelochten Front- und Rücktüren alle Anforderungen.

Bauseitig gekühlte Wasserleitungen und Warmwasserrückläufe sollten zur Unterstützung solcher Kühlsysteme installiert werden. Die Zu- und Rücklaufleitungen können eingerichtet werden, um die für die Anlage erforderliche Redundanz sicherzustellen (siehe Abbildungen 5 und 6). Genügend Bodenfläche sollte für die für das LCP-System erforderliche Standfläche vorhanden sein. Und es sollte genügend elektrische Leistung verfügbar sein, um dem zusätzlichen Strombedarf dieser kompakten Anlagen gerecht zu werden.



**Abbildung 5**



**Abbildung 6**

Um ein LCP-System zu installieren, müssen die Entwicklungsingenieure mit einer passenden Bodenfläche beginnen. Bei einem System mit seitlichem Zugang oder Zugang über die Rückseite muss zusätzlicher Raum eingeplant werden, um hinreichend Platz und Zugänglichkeit für die Installation der Komponenten zu gewährleisten. Systeme mit seitlichem Zugang benötigen zusätzlichen Raum auf der Seite eines jeden Gehäuses. Systeme mit einem Zugang von hinten benötigen zusätzliche 8 bis 10 Zoll Gangbreite zum Öffnen breiterer Türen, wobei 30 bis 32 Zoll üblich sind.

Die Gesamtgehäusetiefe sollte mindestens 40 Zoll betragen, um Einschubserver mit hinreichend Raum für einen entsprechenden Luftstrom durch die Lufteinlässe zu installieren. LCP-Gehäuse sollten in Rechenzentren auch in nächster Nähe der Wasserzulauf- und Rücklaufleitungen installiert werden. Zusätzliche Rohrleitungen sollten soweit wie möglich vermieden werden.



Wenn alle Anlagensysteme installiert sind, ist die Montage der LCP-Gehäuse relativ einfach. Sollte sich eine Neuverlegung der Rohrleitungen als nötig erweisen, darf diese keine vorhandenen Verbindungs- oder Stromkabel, Unterbodenluftleitungen oder Kabelführungen behindern. LCP-Systeme können in Umfeldern ohne Doppelböden installiert werden. Die Rohrleitungen für den Zu- und Rücklauf sollten allerdings in Doppelböden verlaufen, um Beschädigungen durch Tropfwasser zu vermeiden. Diese Doppelböden müssen zugänglich sein, um die Installation von Befestigungspunkten für die Rohrleitungen zum Anschluss an das LCP-System zu ermöglichen. Zusätzliche Aussparungen in den Bodenplatten sind erforderlich, um die Verbindungsschläuche zu den LCP-Modulen zu verlegen. Zur Versorgung der LCP-Module sollten separate elektrische Leitungen vorhanden sein. Und falls erforderlich, sollten auch entsprechende Netzwerkanschlüsse verfügbar sein, um die Überwachung und Steuerung der LCP-Systeme zu ermöglichen.

Schließlich könnte es sich noch als nötig erweisen, das Gehäuse mit festen Türen (Sichttüren oder Metalltüren) und einem stabilen Dachblech auszustatten, wenn die Anlage in vorhandenen Rechenzentrums-Gehäusen installiert wird. Es ist ebenfalls erforderlich, alle Kabeldurchführungen in den Gehäusen, die flüssiggekühlt werden sollen, zu versiegeln oder zu schließen. Dies ist unerlässlich, um sicherzustellen, dass die gesamte kalte Luft den Lufteinlässen des Servers zugeführt wird und keine erwärmte Abluft in den Raum des Rechenzentrums abgeleitet wird.

## 6 Die Zukunft beginnt jetzt

Höhere Wärmebelastungen in einzelnen Gehäusen und Anlagen erfordern andere Kühllösungen als Umgebungsluft, die sehr schnell ihre Grenzen bei der Ableitung von Wärme erreicht. Da Flüssigkühlung immer mehr zur Haupttendenz wird müssen die Betreiber von Rechenzentren sich auf die Installation solcher Flüssigkühlsysteme vorbereiten, wobei Folgendes insbesondere zu beachten ist:

- Berücksichtigung des Umfeldes im Hinblick auf vorhandenen Bodenraum, Wasserversorgung und verfügbare elektrische Leistung
- Ausrüstungsanforderungen zur Verwendung von Flüssigkeiten an den Mikroprozessoren oder Schränken
- Auswahl der Schränke und Geräte, die am besten eine Flüssigkühlung unterstützen
  
- Die Quantifikation der Vorteile von Flüssigkühlung in den Bereichen Leistung, Datenintegrität, Einsparung von Bodenfläche, Skalierbarkeit der Rechenzentren und die daraus hervorgehenden ROI

Mit der entsprechenden Schulung, Planung und Implementierung bietet die Flüssigkühlung eine wirkungsvolle Kühllösung für Rechenzentren, zum heutigen Zeitpunkt und für die kommenden Jahre. Bei voraussichtlich weiter ansteigenden Wärmebelastungen ist Flüssigkühlung die beste Wahl für die Anforderungen zur Wärmeabfuhr der Rechenzentren.

## 7 Zum Abschluß

Bei sorgfältiger Planung und Implementierung sind flüssiggekühlte Schrank-Wärmetauscher (LCP) die ideale Lösung zur Ableitung überschüssiger Wärmelasten aus Rechenzentren. Einer der wichtigsten unter den oben erläuterten Punkten bei der Einrichtung von LCP-Systemen ist die logische Anordnung der Gehäuse in der Nähe der Wasserzulauf- und Rücklaufleitungen. Um jegliches Tropfwasser zu vermeiden, müssen die Zulauf- und Rücklaufleitungen in Doppelböden verlegt werden, wobei in den Boden praktizierte Aussparungen den Zugriff auf die Verbindungsschläuche für die LCP-Module ermöglichen. Die Betreiber von Rechenzentren müssen ebenfalls hinreichende Bodenflächen zur Installation der LCP-Systeme vorsehen sowie die erforderliche zusätzliche elektrische Leistung. Sie sollten auch einen nach der Installation des Kühlsystems noch ausreichend breiten Wartungsgang und den entsprechenden Zutritt zu den Geräten sicherstellen. Entsprechende Netzwerkanschlüsse sollten ebenfalls verfügbar sein, um die Überwachung und Steuerung des LCP-Systems zu ermöglichen.

## 8 Autoreninformation

Herb Villa

ist der Technische Außendienstleiter (Datacomm-Gruppe) für die Rittal Corporation innerhalb der USA. Als Maschinenbauingenieur verfügt er über 17 Jahre Erfahrung in der Datenübertragungsindustrie. Er hat sich mit allen Aspekten des Systementwurfs, der Installation und des Support befasst und kann daher Rechenzentrumsprojekte von drei verschiedenen Sichtweisen aus betrachten – als Hersteller, Installierer und Zulieferer.